

日本生物学オリンピック  
2016

第 28 回国際生物学オリンピック（イギリス大会）

代表選抜試験 第 1 部（記述式理論問題）

2017 年 3 月 20 日（月、休日） 9:20-11:40

注 意

1. 各問題文を読んで、題意に沿った解答を、文章（指定された場合は、図、表）によって解答しなさい。
2. 解答は、問題ごとに指定された解答用紙に記入しなさい。字数制限は特にありません。
3. 学術用語は、日本語または英語で正しく用いなさい。
4. 解答時間は、2 時間 20 分とします。
5. すべての解答用紙に、問題番号、受験番号、氏名を記入しなさい。
6. 問題は全部で 7 問あり、その中には小問がいくつかあります。
7. 問題冊子は試験終了後持ち帰って下さい。

受験番号 \_\_\_\_\_

氏名 \_\_\_\_\_



## 細胞生物学・細胞分化

第1問 以下の文を読み、問1～4に答えなさい。

地球上には、色々な生物種 Species が生きている。その中で多細胞である脊椎動物は、単なる細胞の集合体ではない。その個体を作り上げている細胞はその個体の中での位置や部域によって分化し、様々な構造や機能をもっている。生物の体ではミクロな分子レベルからより大きな細胞、そしてマクロな組織や器官などによって、構成されている。それらは各々のレベルにおいて、お互いに独立して存在しているのではなく、相互に作用しあって構造や機能を維持したり、発揮したりしている。

問1 生体内におけるタンパク質とタンパク質の相互作用を示す具体的な例をあげ、それらの相互作用について説明しなさい。

問2 細胞の中の核と細胞質の相互作用を示す具体的な例をあげ、それらの相互作用について説明しなさい。

問3 生体は多くの細胞から構成されているが、それらは有機的につながっている。細胞と細胞の相互作用を示す具体的な例をあげて、それらの相互作用について説明しなさい。

問4 生体は多くの組織から構成されているが、組織間相互作用を示す具体的な例をあげて、それらの相互作用について説明しなさい。

(第1問終了)

## 遺伝学

### 第2問 以下の文を読み、問1～4に答えなさい。

キイロショウジョウバエ、ゼブラフィッシュ、マウスなどのモデル生物では、ゲノムの全塩基配列が解読されており、ゲノム関連情報はデータベースとしてインターネット上で公開されている。キイロショウジョウバエの *paired* 遺伝子のアミノ酸配列情報を入手し、上記3種のタンパク質データベースから、*paired* とのアミノ酸配列の相同性が高いタンパク質を検索したところ、その上位6つは、ショウジョウバエの *Gooseberry* (*Gsb*)と *Gooseberry-neuro* (*Gsb-neuro*)、ゼブラフィッシュの *Pax3* (*Pax3 Danio*)と *Pax7* (*Pax7 Danio*)、マウスの *Pax3* (*Pax3 Mus*)と *Pax7* (*Pax7 Mus*)であることがわかった。これらのアミノ酸配列を相同なアミノ酸が対応するように並べ (図1)、アミノ酸配列に基づく分子系統樹を作成した (図2)。

キイロショウジョウバエの *paired* 遺伝子は、細胞形成期の胚の前後軸に沿って、7本の縞状に発現することが知られている。一方、キイロショウジョウバエの *gooseberry* (*gsb*) 遺伝子は体節ごとに発現し、少し発生の進んだ胚では発現を示す14本の縞が現れる。*paired* を欠損した変異体では、胚の体節が一つおきに欠失する異常が見られるが、*gsb* を欠損した変異体では各体節の形成に異常が現れ、致死となる。① *paired* の翻訳領域を *gsb* の制御配列 (*cis*-regulatory region) と結合させた *gsb-paired* 融合遺伝子を作成し、*gsb* 遺伝子を欠くショウジョウバエ初期胚に導入し、発現させたところ、正常な胚発生が行われた。さらに、*gsb* の翻訳領域を *paired* の制御配列と結合させた *paired-gsb* 融合遺伝子と、マウスの *pax3* 遺伝子の翻訳領域を *paired* の制御配列と結合させた *paired-pax3* 融合遺伝子を作成し、それぞれ *paired* 遺伝子を欠くショウジョウバエ初期胚に導入し、発現させたところ、いずれも正常な胚発生が行われたが、成虫の形態には異常が見られるものがあった。

問1 図1のアラインメントの結果が示す重要な点を一つあげなさい。また、それを選んだ理由を説明しなさい。

問2 図2の A、B、C は *Paired*、*Gsb*、*Pax3 Mus* のいずれかである。図1をも

とに A、B、C のそれぞれがどのタンパク質に対応するか述べなさい。

問3 下線部①について、正常な胚発生が行われたことから分かることを述べなさい。

問4 図2の6つのタンパク質について、遺伝子の進化とタンパク質の活性の進化について、分かることを述べなさい。

Paired	-MTVTAFAAA	MHRPFFN---	---GYSTMQD	MNSGQGRVNO	LGGVFINGRP	LPNNIRLKV	EMAADGIRPC	VISRQLRVSH
Gsb-neuro	-MDMSANS-	-LRPLFA---	---GYPFQ--	---GQGRVNO	LGGVFINGRP	LPNHIRLKV	EMAASGVRPC	VISRQLRVSH
Gsb	-MAVSALN--	-MTPYFG---	---GYPFQ--	---GQGRVNO	LGGVFINGRP	LPNHIRLKV	EMAASGVRPC	VISRQLRVSH
Pax7 Danio	MATLPGTVPR	MMRPAPGQNY	PRTGFPLEVS	TPLGQGRVNO	LGGVFINGRP	LPNHIRHKV	EMAHHGIRPC	VISRQLRVSH
Pax3 Danio	MTALAGGISR	MMRPPTPPQNY	PRGGYSLEVS	TPLGQGRVNO	LGGVFINGRP	LPNHIRHKV	EMAHHGIRPC	VISRQLRVSH
Pax7 Mus	MAALPGAVPR	MMRPGPGQNY	PRTGFPLEVS	TPLGQGRVNO	LGGVFINGRP	LPNHIRHKV	EMAHHGIRPC	VISRQLRVSH
Pax3 Mus	MTTLGAVPR	MMRPGPGQNY	PRSGFPLEVS	TPLGQGRVNO	LGGVFINGRP	LPNHIRHKV	EMAHHGIRPC	VISRQLRVSH
GCVSKILNRY	QETGSIRPGV	IGGSKPR-IA	TPEIENRIE	YKRSSPGMFS	WEIREKLIRE	GVCDRSTAP-	----SVSAIS	
GCVSKILNRY	QETGSIRPGV	IGGSKPK-VT	SPEIETRIDE	LKRNPSIFS	WEIREKLIKE	GFAD---PP-	----STSSIS	
GCVSKILNRF	QETGSIRPGV	IGGSKPR-VA	TPDIESRIE	LKQSQPGIFS	WEIRAKLIEA	GVCDKQNAF-	----SVSSIS	
GCVSKILCRY	QETGSIRPGA	IGGSKPRQVA	TPDVEKRIE	YKRENPGMFS	WEIRDKLLKD	GVCDRGTVPS	GEASSVSSIS	
GCVSKILCRY	QETGSIRPGA	IGGSKPKQST	TPDVEKKIEE	YKRENPGMFS	WEIRDKLLKD	GICDRNNVP-	----SVSSIS	
GCVSKILCRY	QETGSIRPGA	IGGSKPRQVA	TPDVEKKIEE	YKRENPGMFS	WEIRDRLDK	GHCDRSTVP-	----SVSSIS	
GCVSKILCRY	QETGSIRPGA	IGGSKPKQVT	TPDVEKKIEE	YKRENPGMFS	WEIRDKLLKD	AVCDRNTVP-	----SVSSIS	
RLVRGRDAP-	---LDNDMSS	ASGSPAGDGT	KASSSCGSDV	SGGHHNNGKP	SDEDISDCES	EPGIALKRKQ	RRCRTTFSAS	
RLLRGS---	-----	DRGSEDDG---	RKDYTINGIL	GGR-----	-DSDISDTES	EPGIPLKRKQ	RRSRTTFTAE	
RLLRGS---	-----	---SGSG---	-TSHSIDGIL	GGGAGSVG---	-SEDESEDDA	EPFVLKRKQ	RRSRTTFSND	
RVLRARFGK-	---KDDDDDEC	DKKDEDG-EK	KTKHSIDGIL	GDK--GNR--	-TDEGSDVES	EPDLPLKRKQ	RRSRTTFTAE	
RMLRCKFFGN	GDEDEDDDEV	EKREIEENER	RAKHSIDGIL	GDR--SSH--	-SDEGSDVDS	EPGLPLKRKQ	RRSRTTFTAE	
RVLRIKFGK-	---KEDDEEG	DKKEEDG-EK	KAKHSIDGIL	GDK--GNR--	-LDEGSDVES	EPDLPLKRKQ	RRSRTTFTAE	
RILRSKFFGG	---EEEEADL	ERKEAEESEK	KAKHSIDGIL	SERASAPQ--	-SDEGSDIDS	EPDLPLKRKQ	RRSRTTFTAE	
QLEDELERAFE	RTQYVDIYTR	EELAQRNTLT	EARIQVWFNS	RRARLRKQHT	SVSGGAPGGA	AASVSHVAAS	SSLPSVSSV	
QLEALERAFS	RTQYPDVYTR	EELAQTALT	EARIQVWFNS	RRARLRKH--	-----	-----	-----	
QIDALERIFA	RTQYPDVYTR	EELAQTGLT	EARIQVWFNS	RRARLRKQ--	-----	-----LNT	QQVPSFA---	
QLEELEKAFE	RTHYPDIYTR	EELAQRTKLT	EARIQVWFNS	RRARWRKQ--	-----	-----AGA	NQLAAFNHLL	
QLEELEERAFE	RTHYPDIYTR	EELAQRAKLT	EARIQVWFNS	RRARWRKQ--	-----	-----AGA	NQLMAFNHLL	
QLEELEKAFE	RTHYPDIYTR	EELAQRTKLT	EARIQVWFNS	RRARWRKQ--	-----	-----AGA	NQLAAFNHLL	
QLEELEERAFE	RTHYPDIYTR	EELAQRAKLT	EARIQVWFNS	RRARWRKQ--	-----	-----AGA	NQLMAFNHLL	
PSMAPLAMMP	GSLDPATVYQ	QQYDFYGS	NISVSAAAPM	ASSNLSPGIT	TTPPHHHQFY	NPSANTASYI	MPGENGNTTP	
SGGSN----	-----	---SG---	-----LSPM	NSGSSNVGVG	V-----	-----	---GLSGATAP	
PTSTS----	-----	---FG---	-----ATPT	TSAAPAPNMG	M-----	-----	---SLYSSQSW	
PGGFP----P	TGMPTLPTYQ	LPESTY---	-----PS	TTLSQDGSST	LHRPO----	-----	---PLPPSSMH	
PGGFP----P	SAMSSLQPYQ	LADSPYP---	-----PSSI	SQVSEQPS-T	VHRPO----	-----	---PLPPTSVH	
PGGFP----P	TGMPTLPPYQ	LPDSTY---	-----PT	TTISQDGSST	VHRPO----	-----	---PLPPSTMH	
PGGFP----P	TAMPTLPTYQ	LSETSYQ---	-----PTSI	PQAVSDPSS	VHRPO----	-----	---PLPPSTVH	
TGNIIVSSYE	TQLGSVYGTE	TETHQTMPRN	ESPNEVSVA	FGQLPPTPNS	LSAVVSGAGV	TSSSGANSGA	DPSQSLANAS	
LGYGPLGV--	---GSMAGYS	PAPGT--TAT	GAGMNDGVHH	AAHAPSSHHS	AATAAAAAHH	HTQMGGYDLV	QSAAQH---	
PSSGAYENHA	AYGGSVASMS	PASST--SGT	SSAAHSPVQT	QAQOPGTGSE	FMTSTYG---	---VGSSNAT	YPSAAY---	
QGGLSADS--	---GSAYGLS	SNRHTFSSYS	ETFMSPASS	NHMNP-VSNG	LSPQVMSI---	---LSNPSAV	PSQPOH---	
QSGLGSQPGA	QEGSSAYCLS	SGRHGFSYS	DGYVAAPGHA	NPVNPISNG	LSPQVMG---	---LLNPGAV	PHQPOS---	
QGGIAAAAAA	ADTSSAYG--	-ARHSFSSYS	DSFMNPGAPS	NHMNP-VSNG	LSPQVMSI---	---LSNPSAV	PPQPOA---	
QSTIPBNA--	-DSSSAYCLP	STRHGFSYS	DSFVPPSGPS	NMNPNTIGN	LSPQVMGL---	---LTNHGGV	PHQPQT---	
AGSEELSAAL	KVESVDLIAA	SQSOLYGGWS	SMQALRPNAP	LSPEDSLNST	SSTSQALDVT	AHQMFHPYQH	TPQYASYPAP	
-----	-----GF	PGGFAQPGH-	-----	---FGSQNY	HQDYSKLTI-	-----DDFSKL	TADSVSKISP	
-----	-----SM	QOTPATSA--	-----	-----	-----	-----EQL	RSQPASAAA	
-----	-----DF	SISPLHGGL-	-----	-----EASNPIS	ASCSQRSDP-	---IKSVDS	LASTQSYCPP	
-----	-----DF	ALSPLTGGL-	-----	---EPSTGMP	ASCHSSQRL	ALPLGPSMPA	LPSQSYCPP	
-----	-----DF	SISPLHGGL-	-----	---DSASSIS	ASCSQRADS-	---IKPGDS	LPTSQSYCPP	
-----	-----DY	ALSPLTGGL-	-----	---EPTTTSV	ASCSQRLEH-	---MKNVDS	LPTSQSYCPP	
GHAHSHHGHP	HAPHPHAPH	POYAGAHPH-	-----	YPPSSSAHF	MPQNFNAAF	PSPSKVNYTT	MPPQFPYPSW	
S-LHLSDNYS	KLEAPSNWSQ	AAYHAAANYN	AHVAQHQLND	YAAAAAHGNP	-----ASAY	SHPLPTQQA	-----KYW	
G-SH----	---HPSTWD-	-SYNFAGSF-	-----	FPPASAGNH	-----ISGY	HHQVDQKSSM	MTTAPTYPYF	
--TYSATSYS	VDPVTAGYQY	SQYGQTAVD-	-----	YLAKNVSL--	-----STQR	RMKLGDSAV	LGLLQVETGQ	
--SYSSPGYS	VD-HVASYQY	SQYGQSKVN-	-----	TSVTVTVERL	-----SRVY	PLKRASGLV	E-----	
--TYSTTGY	VDPV-AGYQY	SQYGQTAVD-	-----	YLAKNVSL--	-----STQR	RMKLGDSAV	LGLLQVETGQ	
--TYSTAGYS	MDPV-TGYQY	GQYGQSAFH-	-----	YLKPDIA---	-----	-----	-----	
Y-								
S-								
GF								
AY								
--								
AY								
--								

図1 Paired との相同性の高いタンパク質のアラインメント  
 アミノ酸はアルファベット一文字で、配列のギャップは「-」で表記した。

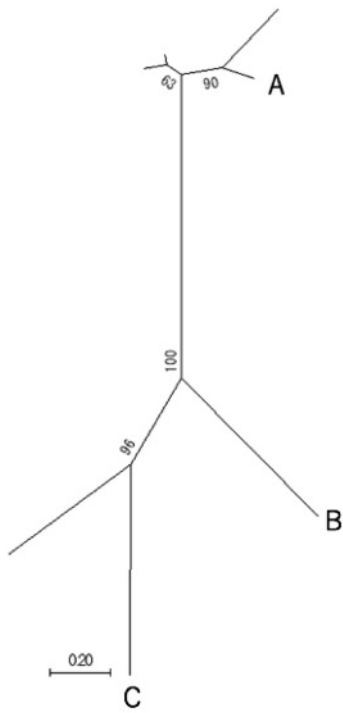


図2 図1のアラインメントに基づく分子系統樹  
 系統樹は最尤法で作成した。枝上の数字は枝の分岐の確からしさを示すブートストラップ確率 (%)を示す。

(第2問終了)

第3問 以下の文を読み、問1～5に答えなさい。

植物の葉の中の構造を顕微鏡で観察するために、庭に生えている1本のヤブツバキの木から、同じくらいの大きさの2枚の葉を採取した。一枚は日中よく陽の当たっている葉、もう一枚は木の内側にあつて陽があまり当たらない葉を選んだ。それぞれの葉について、葉脈に対して垂直になるようにカミソリで切片を切り、得られた切片でプレパラートを作製して顕微鏡で観察を行った。図1と図2は、それぞれの葉の切片から作製したプレパラートを顕微鏡で観察したときの写真であり、中央部が葉脈（維管束）の部分に相当する。

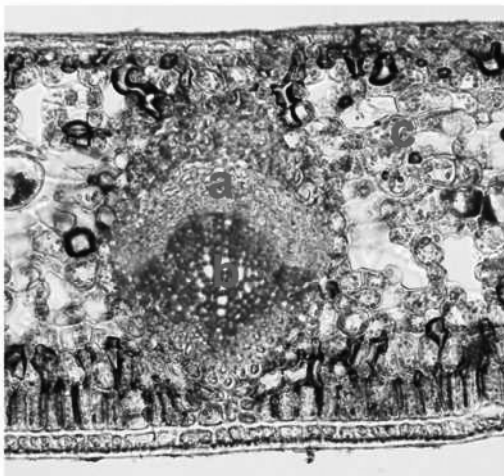


図1

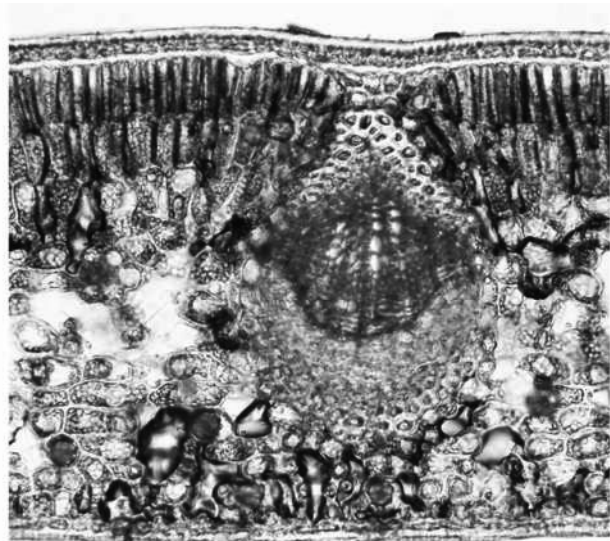


図2

図1と図2の両方とも100倍の倍率で撮影したものである。

問1 図1と図2の上側は葉の表側（向軸側）、それとも裏側（背軸側）のどちらであると考えられるか、それぞれの図について判断した根拠とともに答えなさい。

問2 図1のaとbの組織で輸送されるおもな物質は何か、それぞれの組織について物質名を1つずつ答えなさい。

- 問3 図1のcに相当する組織には、細胞と細胞の間に隙間が多い。この細胞間隙はどのようなことに役立っていると考えられるか、葉で行われている光合成と関連付けて答えなさい。
- 問4 葉脈（維管束）の組織の中には細胞壁が厚くなった細胞も多く存在する。物質の輸送以外で、葉脈はどのような役割を担っていると考えられるか、答えなさい。
- 問5 図1と図2のどちらが陽のよく当たっている葉の顕微鏡写真であると考えられるか、判断した根拠とともに答えなさい。

（第3問終了）



## 発生生物学

### 第4問 ウニの発生に関する以下の文を読んで、問1～3に答えなさい。

ウニは古くから発生生物学のモデル動物として利用されてきた。ウニの受精卵は、動物極と植物極を通る軸に平行な面で2回の卵割を行って4細胞期になる。第3卵割で4細胞期の各割球は、動物極と植物極を通る軸に直角な面で卵割を行って、胚は8細胞期になる。胚はその後卵割を繰り返して、胞胚期、原腸胚期を経て、プルテウス幼生となる。

**問1** ウニを含む棘皮動物は、成体の形態、構造の点では脊索動物とかなり異なっているが、動物分類上は同じ大きなグループに含まれる。この大きなグループの名称と、なぜ両者が同じグループに含まれるか、発生様式の点に注目して答えなさい。

**問2** ウニ胚割球の発生・分化の能力を調べるために、以下の実験が行われた。

**【実験1】** 4細胞期に、各割球を単離して発生させると、それぞれの割球は、小さいながらほぼ完全なプルテウス幼生に発生する（図A）。

**【実験2】** 8細胞期に、植物極側の4細胞を細胞塊として分離して発生させると、プルテウス幼生の動物極側に類似した構造を形成する（動物極化）。植物極側の4細胞を同様に発生させると、プルテウス幼生の植物極側と類似の構造を形成する（植物極化）（図B）。

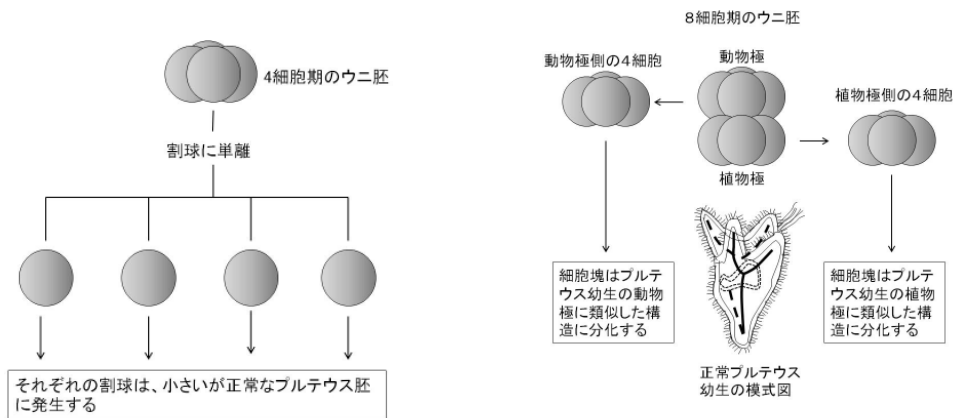


図 A

図 B

【実験1】および【実験II】に基づいて、ウニ胚割球の分化と動物極、植物極の軸の関係について考えを述べなさい。

問3 ウニ胚の初期発生における遺伝子発現の重要性を調べるために、【実験3】が行われた。

【実験3】 ウニの受精卵を、正常海水と、遺伝子の転写を阻害する薬品（アクチノマイシン D）を含む海水中で発生させ、割球におけるタンパク質合成を測定した。結果は図Cに示されている。原腸形成は、受精後約10時間で起こる。アクチノマイシン D 含有海水中で発生した胚では細胞分化が起こらず、胚は未分化な細胞塊となる。

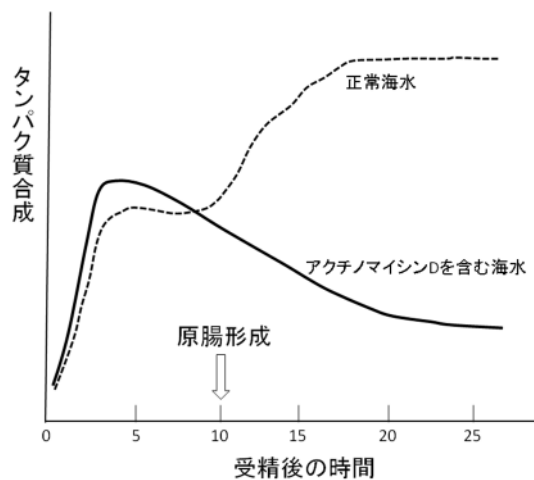


図 C

【実験3】のタンパク質合成の変化に基づいて、初期胚における DNA の転写、タンパク質合成、および発生の関係について推論しなさい。

(第4問終了)

第5問 水・電解質代謝に関する以下の文を読み、問1～5に答えなさい。

地球上の生命は海の中で誕生したと考えられている。それを反映してか、生物の体を構成する成分で最も多いのは水であり、ほとんどの生物は水を失うと生きて行けない。そのため、よく「水は生命の母」と言われる。

微量ではあるが、原始の海にも存在した、水にイオンとして溶け込んでいる何種類かの元素、Ca、P、K、S、Na、Mg、Clも、細胞内あるいは体内の生命活動にとってきわめて重要である。そのため、生物、とくに動物は、細胞内外におけるこれらの無機イオン（＝電解質）濃度を一定の範囲内にとどめておく、という調節機能を発達させた。イオン濃度の調節は、細胞内あるいは体内の水分量に左右されるので、両方の調節機能は、あわせて水・電解質代謝あるいは浸透圧調節とよばれている。

動物に見られる体液の浸透圧調節は大きく2つの型、すなわち浸透圧順応型と浸透圧調節型に分けられる。多くの脊椎動物は生息場所に関わりなく浸透圧調節型であるが、海に生きる多くの無脊椎動物と一部の脊椎動物は、浸透圧順応型である。

以下に示した表は、ノルウェーロブスターの筋細胞および血漿中のおもなイオン濃度（mM）と浸透圧濃度（mOsm/L）を、海水のそれと比較したものである。この表から、海に生きる無脊椎動物の浸透圧調節の特徴を読み取ることができる。

無機イオン濃度 (mM)	筋細胞	血漿	海水
Na	25	517	457
K	188	9	10
Ca	4	16	10
Mg	20	10	52
Cl	53	527	535
SO <sub>4</sub>	1	19	28
全無機イオン濃度 (mM)	436	1104	1092
全無機イオンの浸透圧濃度 (mOsm/L)	386	977	966
非タンパク質チッ素 (mM)	602	4	
全浸透圧濃度 (mOsm/L)	988	981	966

内田（1981）より抜粋・改変

その例を次にあげる。

- ① 血漿の組成は海水のそれに近いが、浸透圧濃度は海水よりわずかに高い。
- ② 筋細胞の浸透圧濃度は、血漿のそれと等圧である。

③ 細胞内の浸透圧濃度は、非タンパク質チッ素によって高められている。といったことである。なお、 $Mg^{2+}$  と  $SO_4^{2-}$  の血漿中濃度が海水より低いのは、そのための調節機構が存在するためだという。

このように、海に生きる無脊椎動物では体液の浸透圧濃度が海水に近いが、体細胞内の無機イオンの浸透圧濃度は、脊椎動物の体細胞の約 300 mOsm/L に近い。またヒトの赤血球では細胞内の  $Na^+$  濃度が 19 mM、 $K^+$  濃度が 136 mM、細胞外の  $Na^+$  濃度が 155 mM、 $K^+$  濃度が 5 mM となっており、それによって生ずる 細胞内外の静止膜電位差には、ロブスターの細胞内外の静止膜電位差と大きな違いがない

浸透圧調節型の動物である脊椎動物は、ε 体液の恒常性を維持するための内分泌系を中心とする機構によって、浸透圧や塩濃度を維持している。脊椎動物への進化を考察すると、海に生きる無脊椎動物では、もともと細胞自身もっていた浸透圧、pH、塩濃度によって細胞内の恒常性を維持する機能が、脊椎動物になると、個体全体として浸透圧や塩濃度を調節するシステムを構成するようになり、体液の恒常性を維持する機能を発達させたのではないかと推察される。

問 1 下線部アの水は生命の母という表現は、水がなければ生命の誕生はなかったという意味でもある。では、水のどのような性質が、生命の誕生に必須であったのであろうか。「水素結合」という用語を用いてそれを述べなさい。

問 2 下線部イにある元素のうち Ca、P、K、Na が細胞のどのような機能に関わるのかをそれぞれについて簡潔に述べなさい。

問 3 ① 血漿の組成は海水のそれに近いが、浸透圧濃度は海水よりわずかに高い、とあるが、これによってロブスターではどのようなことが起きるかを述べなさい。

問 4 下線部ウに、ロブスターの細胞内外の静止膜電位差がヒトの赤血球のそれと大差ないと書かれている。その理由を、測定値が与えられているそれぞれの細胞内外のイオン濃度から考察しなさい。

問 5 下線部エには、体液の恒常性を維持するための内分泌系とある。哺乳動物が浸透圧調節に用いている主要なホルモン名をあげよ。またその中から 1 つを選び、その浸透圧調節における働きを簡潔に述べなさい。

(第 5 問終わり)

第6問 海洋生態系に関する以下の文を読み、問1～4に答えなさい。

温帯域や亜寒帯域の海洋では、表層の水温、栄養塩類の濃度、光合成を行うプランクトン（植物プランクトン）の現存量が季節的に変化する。陸からの影響が比較的少ない海域の表層における、これらの項目の一般的な季節変化を図1に示す。植物プランクトン現存量は春に増加する現象が認められ、これは「春のブルーム」とよばれている。この「春のブルーム」の後には、植物プランクトンの現存量は低下し、夏は低い値を示すことが多い。また、秋に一時的に増加するが、秋から冬にかけては低い値を示す。

「春のブルーム」の時期（Ⅰ）と夏の現存量の少ない時期（Ⅱ）で植物プランクトン群集を採取し、栄養塩類の一種である硝酸塩の濃度と、植物プランクトンによる硝酸塩吸収速度との関係を測定すると、図2に示すように両者で違いが認められる。このような栄養塩吸収機能の違いは、植物プランクトンの優占種が季節的に変化する要因の一つとして考えられている。

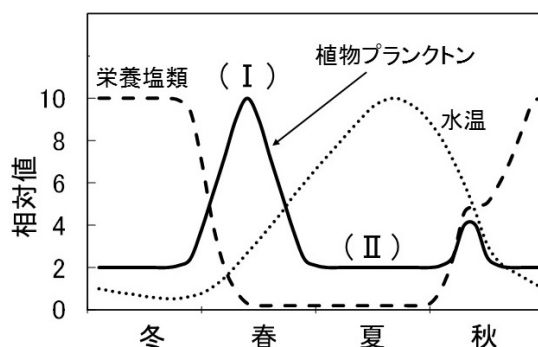


図1 温帯域、亜寒帯域の海洋の表層における、水温、栄養塩類濃度、および植物プランクトン現存量の季節変化

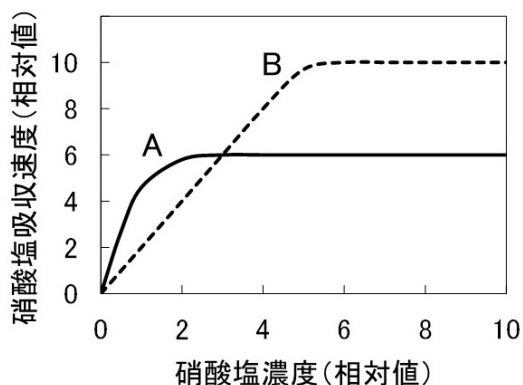


図2 図1の（Ⅰ）期と（Ⅱ）期に生息する植物プランクトンの硝酸塩吸収速度と硝酸塩濃度との関係

- 問1 「春のブルーム」が形成され消滅する理由を説明しなさい。
- 問2 表層の栄養塩濃度が秋において増加する理由を説明しなさい。
- 問3 (I) 期および (II) 期の植物プランクトン群集の栄養塩吸収機能は、それぞれ図2のAあるいはBのどちらに相当すると考えられるか答えなさい。また、そのように判断した理由を説明しなさい。
- 問4 温帯域や亜寒帯域においても、陸からの影響が大きい海域では、植物プランクトン現存量は、図1のような季節変化を示さないことが多い。このような海域における現存量の変化において、図1に示す変化と最も異なると考えられる季節を答えなさい。また、図1との相違点を、その理由とともに説明しなさい。

(第6問終わり)

## 動物分類学・系統学

### 第7問 動物の系統に関する以下の文を読んで、問1～3に答えなさい。

動物界の初期の系統に関しては、現在でも種々の議論がある。図1は、主として形態学に基づいて提唱された、初期の動物界の系統樹である。この系統樹では、海綿動物（カイメン）がその他の動物の姉妹群であり、刺胞動物（クラゲ、イソギンチャクなど）が有櫛動物（クシクラゲ）とその他の左右相称動物に対する姉妹群として表わされている。しかし近年、次のような仮説も提出されている。

（仮説）有櫛動物は、左右相称動物の姉妹群ではなく、有櫛動物と刺胞動物が左右相称動物の姉妹群である。さらに、平板動物（板形動物）というきわめて単純な体制の動物が発見され、この動物は有櫛動物、刺胞動物と左右相称動物に対して姉妹群である。

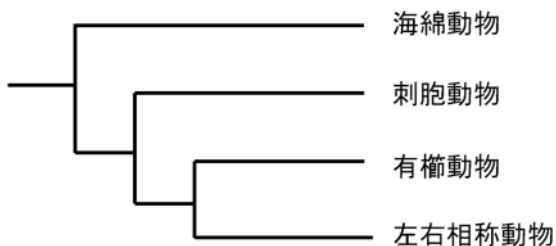


図1

問1 図1にならって、上の仮説に適合する系統樹を描きなさい。

問2 系統樹では、単系統群、側系統群、多系統群を区別する。それぞれの定義を述べ、図1の系統群の中で単系統群、側系統群とみなすことのできる動物群の例をそれぞれ一つあげなさい。

問3 系統樹の作成に当たっては、「外群」の設定が重要である。その重要性の理由、外群として用いる群が満たすべき条件、および図1の分類群の外群として用いるのに適した生物がなんであるか、答えなさい。

（第7問終了）